

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh upínacího přípravku pro obrábění výložníků bagrů

Fixture for Machining of Excavators Booms

Student:

Pavel Rec

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Rec**
Studijní program: **B234t Strojírenství**
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**
Specializace: **21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení**
Téma: **Upínací přípravek pro obrábění výložníků bagrů**
Fixture for Machining of Excavators Booms

Zásady pro vypracování:

Navrhněte přípravek pro obrábění výložníků bagrů. Výložníky budou obráběny na vodorovně vyvrtávačce WD160B. Minimální rozteč nejvzdálenějších ok je 9600 mm, maximální 14000 mm.

Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstruktivní návrh upínacího přípravku pro obrábění výložníků bagrů.
3. Přenosní kontrolu důležitých uzlů.
4. Detailní výrobní výkres vybavené součástí.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910, Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
Leinweber, J., Rása, J., Vávra, P. Strojnické mluvilky. 3. vyd. Praha: Scientia, 1989, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
NEMČEK, M.: Řešené příklady z částí a mechanismů strojů. 2. vydání. Skriptu VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
Literární řešení zpracování v rámci Ročníkového projektu.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 17.02.2014

Datum odevzdání: 19.05.2014

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne.....

.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Pavel Rec

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Jiráskova 677, 783 91, Uničov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

REC, P. *Návrh upínacího přípravku pro obrábění výložníků bagrů: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014, 40s. Vedoucí práce: Učeň, O.

Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce univerzálního přípravku pro jednoduché a časově nenáročné upínání tří typů svařovaných výložníků. Zvláštní požadavek je kladen na dostatečnou tuhost. Práce obsahuje rozdělení přípravků a jejich použití, návrh konstrukčního řešení a pevnostní analýzu. V závěru je provedeno ekonomické zhodnocení přípravku.

ANOTATION OF BACHELOR'S THESIS

REC, P. *Fixture for Machining of Excavators Booms: Bachelor's thesis.* Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2014, 40p. Bachelor's thesis supervisor: Učeň, O.

The bachelor thesis deals with a design of universal product for simple and time-saving clamping of three welded brackets types. Special requirement is placed on sufficient stiffness. The thesis includes collection of products and their usage, proposal for the structural design and stress analysis. In the conclusion an economic evaluation is made.

Obsah

Seznam použitých zkratk a značek	7
Úvod	8
1. Představení podniku ^[4]	9
2 Přípravky	10
2.1 Definice přípravků ^[2]	10
2.2 Rozdělení přípravků ^[2,3]	10
2.3 Použití přípravků ^[2]	11
2.4 Zásady konstrukce přípravků ^[1]	12
2.5 Volba materiálu pro přípravky	14
3. Ustavení obrobků ^[1]	16
3.1 Opěrné a ustavovací prvky	17
3.1.1 Pevné opěrné prvky	17
3.1.2 Prizmatické opěry	19
3.1.3 Kuželové opěry	20
3.1.4 Válcové opěry	22
4. Konstrukční řešení	24
5. Metoda konečných prvků	29
5.1 Okrajové podmínky	29
5.2 Výsledky	31
6. Závěr	33
Seznam použité literatury	34
Seznam příloh	35

Seznam použitých zkratk a značek

Značka/Zkratka	Popis	Jednotka
C	cena	[Kč]
C_{CM}	celková cena materiálu	[Kč]
C_{CV}	celková cena výrobních nákladů	[Kč]
C_P	cena přípravku	[Kč]
C_S	cena součásti	[Kč]
C_V	cena výrobních nákladů	[Kč]
H_S	hodinová sazba	[Kč/hod]
l	délka	[m]
m	hmotnost	[kg]
n	počet kusů	[ks]
N_M	počet kusů vyrobených za měsíc	[ks/měsíc]
$R_{\dot{C}}$	rentabilita časová	[měsíc]
R_K	rentabilita kusová	[ks]
t	čas	[min]
t_{un}	nový čas upnutí	[min]
t_{ur}	rozdílný čas upnutí	[min]
t_{us}	stávající čas upnutí	[min]
U	úspora	[Kč/ks]
HSS	high speed steel/ rychlořezná ocel	
MKP	metoda konečných prvků	

Úvod

Dnešní trendy výroby jsou stále více směřovány k maximální automatizaci, čemuž napomáhá i neustálý vývoj robotů a řídicí techniky, ale i jednoduché důvody jako větší rychlost a přesnost práce strojů než lidí. Jelikož jde ve strojírenství často o kusovou nebo málo sériovou výrobu, je zde kompletní automatizace neekonomická kvůli vysoké pořizovací ceně a dlouhé době na seřízení. Proto se volí polo automatizace, což je spolupráce člověka se strojem. Člověk např. vloží polotovary do upínacího mechanismu, stroj provede operaci a člověk vymění obrobený kus za další polotovar.

Cílem bakalářské práce je návrh konstrukce univerzálního přípravku pro jednoduché a časově nenáročné upínání tří typů svařovaných výložníků. Zvláštní požadavek je na dostatečnou tuhost upnutí při použití produktivních nástrojů (vrtáků, vyvrtávacích tyčí a fréz) a dále nástrojů pro zpětné zarovnání čel pomocí hřídele a nože nabroušeného ze čtvercového polotovaru z HSS.

1. Představení podniku^[4]

Státní podnik Uničovské strojírny byl založen roku 1949. V následujících 40 letech firma vyvíjela a vyráběla zemní a důlní stroje zejména pro potřeby severočeské uhelné pánve. Od roku 1970 v Uničově vyrobili a vyprojektovali přes sto unikátních obřích kolesových rýpadel, z nichž většina dodnes spolehlivě pracuje. Kolesová rýpadla v typicky žluté barvě za necelá čtyři desetiletí vytěžila celkem přes 4,7 mld. m³ skrývky a 3,2 mld. m³ uhlí. Společnost také vyprojektovala a vyrobila desítky skládkových strojů, stovky kilometrů pásových dopravníků a tisíce lopatových rýpadel.

V roce 1993 došlo prostřednictvím kupónové privatizace k transformaci státního podniku na soukromou společnost s novým obchodním názvem UNEX.

UNEX je schopen nabídnout kompletní sortiment odlitků co do druhu materiálů tak i velikosti a disponuje kapacitou 31 000 tun odlitků ročně.

V roce 2007 se skupina UNEX z důvodů nedostatku kapacit pro výrobu jeřábů, výložníků a svařovaných konstrukcí v mateřském závodě v Uničově rozrostla o areál bývalé společnosti Vihorlat na východním Slovensku. Celková výrobní kapacita UNEXU aktuálně činí více než 250 000 m².

V posledních deseti letech UNEX investoval do modernizace technologií výroby více než jednu miliardu korun a stal se tak moderní strojírensko-metalurgickou firmou, která vyrábí produkty od 50 gramů do 80 tun a dodává výrobky ve sjednaném čase i kvalitě.



Obr. 1.1 Logo společnosti UNEX

2 Přípravky

Přípravky jsou speciální výrobní prostředky, které svojí funkcí umožňují dodržet určitou polohu opracovávané součásti proti použitému nástroji. Opracovávaná součást musí být upnuta na stroji tak, aby vzhledem k nástroji zachovávala správnou polohu, která se nesmí působením řezných sil měnit. Podobně musí být součást upnuta i při ručním obrábění. Mezi nejjednodušší upínací pomůcky patří ruční a strojní svěráky. Někdy je třeba, aby přípravek vedl nástroj, pokud vedení není součástí obráběcího stroje např. vodící pouzdra, která vedou vrták při vrtání. V žádném druhu výroby, ať se jedná o výrobu ruční, strojní kusovou, sériovou nebo hromadnou, se neobejdeme bez přípravků.[2]

2.1 Definice přípravků^[2]

Přípravky se dají definovat jako pomocné zařízení určené:

- a) Pro jednoznačné ustavení a pevné uchycení součástí při jejich obrábění.
- b) Pro vzájemné přidržení součástí při jejich sestavování v jeden celek.
- c) Pro vedení nástroje.
- d) Pro zabezpečení požadované výrobní přesnosti.
- e) Ke zvýšení produktivity práce.

2.2 Rozdělení přípravků^[2,3]

Přípravky se rozdělují do několika skupin:

- a) Podle rozsahu použitelnosti:
 - **Univerzální** – upínání několika druhů obrobků stejného typu, ale různých velikostí a tvarů
 - **Skupinové** – pro upínání skupin obrobků s podobnými konstrukčními i technologickými znaky
 - **Stavebnicové** - jsou sestaveny z typizovaných dílů v určitý přípravek
 - **Speciální** – upínání jednoho obrobku podle určité operace

b) Podle operačního určení:

- **Obráběcí přípravky** – pro ustavení a upnutí součástí na obráběcích strojích
- **Montážní přípravky** – k přidržení součástí při jejich vzájemném rozebíratelném i nerozebíratelném spojení např. svařovací přípravky
- **Kontrolní přípravky** – ke kontrole správnosti rozměrů a tvarů
- **Rýsovací přípravky** – k orýsování součástí před obráběním
- **Podávací přípravky** – pro přemísťování dílců různým stupněm automatizace
- **Ostatní pomocná a dílenská zařízení** – ke zlepšení pracovních možností stroje např. mnoho vřetenové hlavy

c) Podle zdrojů upínací síly:

- **Přípravky s ručním upínáním**
- **Přípravky s mechanickým upínáním** (vzduchovým, olejovým, elektromechanickým, magnetickým)

d) Podle určení:

- **Přípravky nezbytně nutné**
- **Přípravky hospodárné**

2.3 Použití přípravků^[2]

Pomocí přípravků se zlepšuje jakost výrobku a zvyšuje se pracovní výkon. V určitých případech jsou přípravky pro splnění potřebné operace nutné. Správně zvolené přípravky dovolují dělníkovi práci na dvou i více strojích. Použití a konstrukce závisí na druhu výroby, tzn. kusové nebo sériové.

U kusové výroby se součásti obrábějí a montují prostřednictvím běžných výrobních zařízení, případně další pomůcky, které jsou důležité pro žádanou operaci. U kusové výroby je práce na univerzálních strojích je zdlouhavá a potřebuje spolehlivé a šikovné pracovníky, aby se zamezilo zmetkům.

V sériové výrobě je dobré navrhnout vhodné speciální přípravky. Díky speciálním upínacím přípravkům je zaručeno správné a rychlé ustavení součástí vzhledem k nástroji.

Odpadá i proměřování, které se musí provádět u kusové výroby. Díky tomu se podstatně zkrátí vedlejší časy.

Pro hromadnou výrobu je výhodné použít složitější speciální výrobní zařízení. Pro každou operaci nebo pro několik operací na obrobku je použit buď speciální, nebo normální obráběcí stroj doplněný speciálním zařízením, které umožňuje dosáhnout velkého řezného výkonu při krátkých vedlejších časech.

2.4 Zásady konstrukce přípravků^[1]

Práce, které jsou spojeny s konstrukcí přípravků se dají rozdělit na:

1. Přípravné práce, které spočívají v:

- a) Zjištění počtu vyráběných kusů, s čímž je spojena dokonalost a hospodárnost přípravku. Je výhodné zjistit, zda jsou v daném časovém úseku zároveň vyráběny rozměrově a tvarově podobné součásti, pro které by mohl být navrhnout společný přípravek.
- b) Studiu výrobního výkresu obrobku z hlediska technologičnosti, tzn. možnost upravení tvaru, předepsané přesnosti rozměrů a jakosti obráběných ploch.
- c) Studiu výrobního postupu a jeho přizpůsobení pro výrobu pomocí přípravku, např. zvolením vhodnějšího nástroje a řezných podmínek, změnou velikosti a typu obráběcího stroje, změnou počtu a sledu operací.

2. Vlastní konstrukční práce, které jsou prováděny konstruktérem a jsou v tomto sledu:

- a) Rozhodnutí o počtu výrobků, které se v přípravku budou obrábět současně a zda-li bude přípravek použit pro jednu nebo více operací.
- b) Nákres polohy obrobku, ve které bude přípravek ustaven
- c) Zakreslení opěrných a ustavovacích prvků – pokud je to možné, tak musí řezné síly působit do plochy, která je vymezena opěrnými

body a síly upínací proti některému z pevných bodů, obráběná plocha by měla mít těžiště uprostřed mezi opěrnými body.

d) Zakreslení prvků, které slouží k nastavení nástrojů a vodících prvků nástrojů při práci (např. vrtací pouzdra).

d) Vymezením ploch, díky kterým lze upnutí provést, aniž by došlo k deformaci obrobku – upínací prvky jsou zakresleny tak, aby upínací síly působily proti pevným opěrným bodům, aby zajistily bezpečné a přesné upnutí obrobku a nebránily obráběcím nástrojům.

e) Jednotlivé části, tj. prvky opěrné a ustavovací, prvky upínací a prvky sloužící k vedení nástrojů, se spojí do jednoho celku tělesem přípravku.

Při konstruování upínacích přípravků se musíme řídit těmito zásadami:[2]

a) Před navržením přípravku se musí jasně určit celý pracovní postup vyráběné součásti. Obzvláště důležité je získat základní plochu nebo díru při prvotním obrábění, která bude výchozí při dalších operacích.

b) Pro malé série je vhodné zvolit operace tak, aby se pro několik operací dal použít jeden přípravek.

c) Obráběná plocha musí ležet co nejbližší k upínací ploše obráběcího stroje z důvodu zaručení stability upínacího přípravku.

d) Aby se působením upínacích a řezných sil přípravek nedeformoval, musí být tuhý.

e) Poloha předmětů v přípravku má být zajištěna pevnými dorazy.

f) Výslednice pracovních sil má působit pokud možno proti pevným dorazovým plochám.

g) Obsluha by měla být pohodlná a jednoduchá. Pro upnutí nebo uvolnění se nesmí používat kladiva, protože dochází k poškození přípravku.

h) Pokud se přípravek při práci přemísťuje nebo se ze stroje sundává, nesmí mít větší hmotnost než 20 kg. Přípravek se pro lepší manipulaci opatřuje rukojetmi.

- i) Je nutné myslet na odtok chladicí tekutiny (řezné kapaliny) a na odpad třísek, hlavně dosedací plochy musí být lehce očistitelné od třísek.
- j) Plochy, které jsou vystaveny opotřebení, musí být tvrdé.
- k) Přípravky, které jsou určeny pro upnutí na vřeteno stroje, musí být vyvážené, aby nedocházelo k nepřípustným chvěním vřetene a tím i k menší trvanlivosti stroje a nepřesnosti výroby.
- l) Všechny ostré hrany musí být zaobleny, aby se dělník při dotyku neporanil.
- m) Při konstrukci je vhodné co nejvíce používat normalizované součásti.
- n) Stavebnicové řešení přípravku je nejvhodnější.
- o) Konstrukce přípravku nesmí připustit obrácené vložení předmětu.

2.5 Volba materiálu pro přípravky

Materiál přípravku musí plně vyhovovat kladeným požadavkům (dostatečná pevnost, pružnost, odolnost proti opotřebení)

Hlediska, která rozhodují o volbě materiálu:

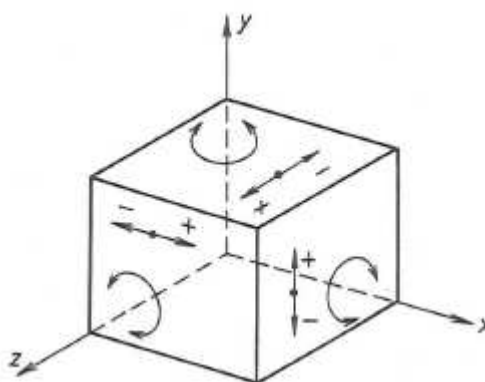
- a) Namáhání, opotřebování, tvar a funkce uvažovaného přípravku nebo jeho součástí.
- b) Nejmenší stupeň obrobení přípravku.
- c) Počet kusů vyráběných přípravků.
- d) Pracovní prostředí, pro které je přípravek určen.
- e) Požadovaná přesnost přípravku.
- f) Cena a výrobní možnosti
- g) Hmotnost přípravku

Všechny tyto hlediska je nutné při návrhu konstrukce brát v potaz. Přípravek má zrychlit výrobu, pokud možno mít minimální náklady na výrobu a co nejvyšší přesnost zpracovávaného obrobku.

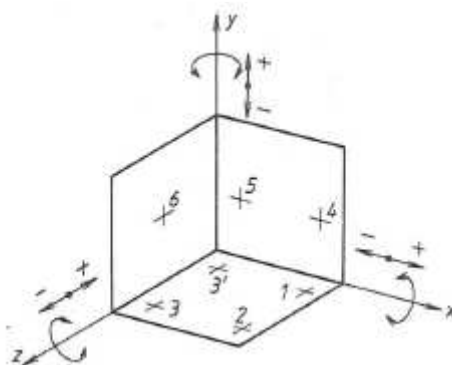
V poslední řadě minimální hmotnost přípravku, hlavně v případech, kdy je nutné přípravek přemísťovat nebo s ním manipulovat ve výrobním stroji.

3. Ustavení obrobků^[1]

Předmět, který se nachází v prostoru, má šest stupňů volnosti, díky tomu se může posouvat ve směrech os x , y , z a zároveň se může kolem těchto os otáčet. Pro ustavení takového obrobku a pro vymezení jeho polohy v prostoru je třeba celkem šesti bodů. Každý z těchto bodů vymezuje jeden stupeň volnosti. Pro podepření obrobku s rovinnou, neobrobenou ustavovací plochou, stačí tři body – pokud neleží na přímce. Abychom dosáhli zvýšené tuhosti a stability obrobku, jsou výhodnější 4 body, ale alespoň jeden musí být výškově stavitelný.



Obr. 3.1 Stupně volnosti



Obr. 3.2 Vymezení stupňů volnosti

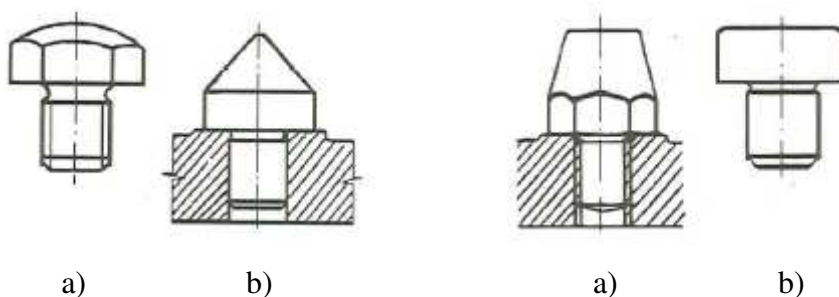
3.1 Opěrné a ustavovací prvky

3.1.1 Pevné opěrné prvky

Pevné opěrné prvky slouží k jednoznačnému ustavení obrobku v přípravku a pro dosažení požadované polohy vzhledem k nástroji. Je od nich očekávána opakovaná přesnost polohy, odolnost proti opotřebení a snadné údržba.

a) Pevné opěrky s válcovou hlavou a pevné opěrky se šestihrannou hlavou

Jsou ve dvojím provedení a to: opěry se zaoblenou hlavou, které se používají pro ustavení obrobků s neobrobenou hrubou základnou a opěrky s rovnou hlavou, které slouží pro ustavení obrobků s obrobenou základnou.



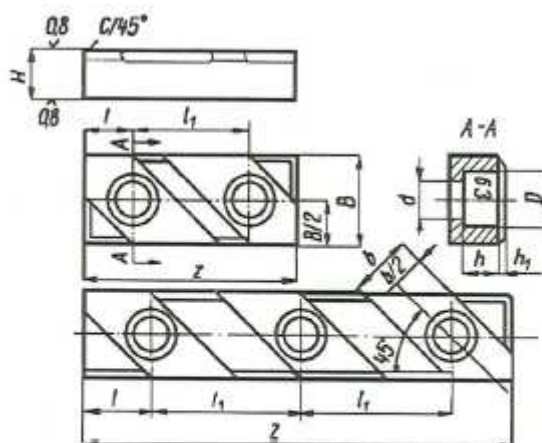
Obr. 3.3 Pevné opěrky na neobrobený (vlevo) a na obrobený povrch

a) pevná opěrka se šestihrannou hlavou

b) pevná opěrka s válcovou hlavou

b) Opěrné lišty

Používají se pro opření velkých a těžkých obrobků. Ustavovací plocha obrobku musí být čistě obrobena. Opěrné lišty jsou k přípravku připevněny pomocí dvou i více zapuštěných šroubů.

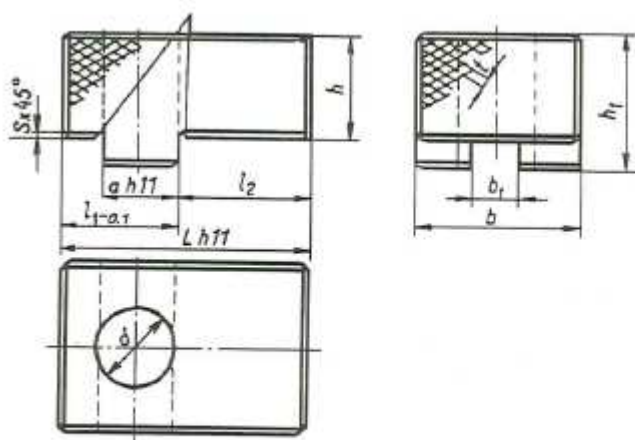


d – průměr díry pro šroub, D – průměr zahlbounění pro hlavu šroubu,
 h – hloubka zahlbounění, h_1 – hloubka drážek, b – šířka drážek, B – šířka
opěrné lišty, H – výška opěrné lišty, Z – délka opěrné lišty

Obr. 3.4 Opěrné lišty

c) Pevné boční opěrky

Jsou převážně používány pro ruční upínání.

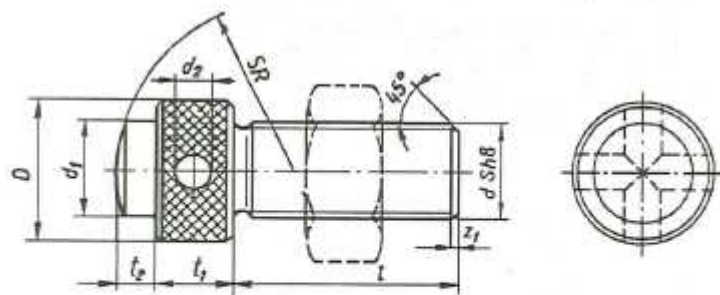


L h_{11} , b , h – rozměry opěrky, a h_{11} – šířka pera, d – průměr díry pro šroub

Obr. 3.5 Pevné boční opěrky

d) Staviteľné opěrky

Používají se u přípravků, které jsou určeny k ustavení více tvarově shodných obrobků s různými rozměry. Využití mají především v malosériové výrobě.

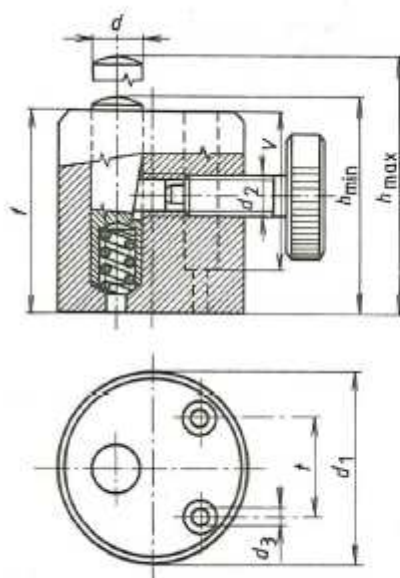


d – průměr závitu ve stupni přesnosti Sh8, D – průměr hlavy opěrky,
 d_1 – průměr osazení

Obr. 3.6 Stavitelné opěrky

e) Samostavitelné opěrky

Slouží jako pomocné, pro zvýšení stability a tuhosti ustavení.

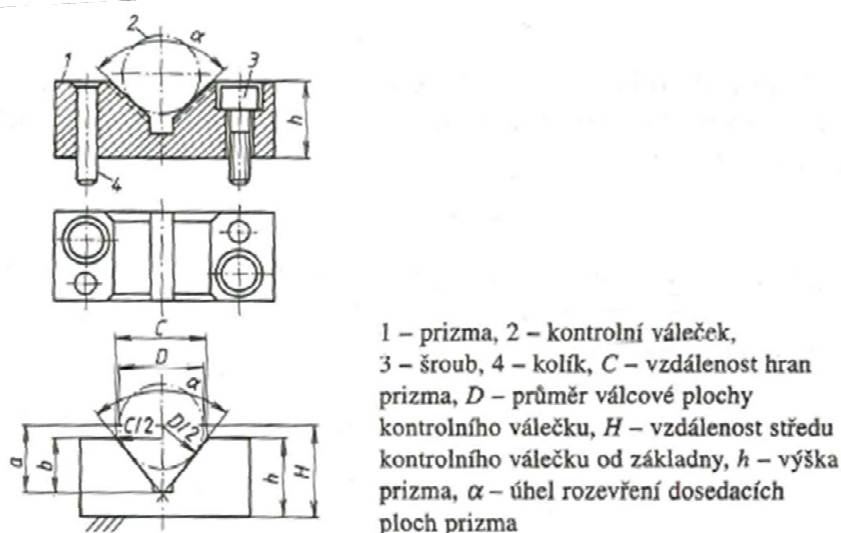


$d_1, f, h_{\min}, h_{\max}$ – rozměry opěrky,
 d_2 – rozměr stavěcího šroubu

Obr. 3.7 Samostavitelné opěrky

3.1.2 Prizmatické opěry

Prizmatické opěry, tzv. prizma, jsou svým tvarem určeny pro ustavení obrobků s válcovou plochou. Úhel rozevřených opěrných ploch α může být v rozmezí 60 až 120°, nejčastěji se však používá úhel 90°. Prizma určuje polohu obrobku výškově i stranově a vymezuje čtyři stupně volnosti.



Obr. 3.8 Prizmatická opěra

3.1.3 Kuželové opěry

Kuželové opěry se také nazývají upínací hroty. Mezi dva hroty se většinou ustavují dlouhé obrobky z důvodu obrábění vnějších rotačních ploch (na soustruhu nebo hrotové brusce) i nerotačních ploch, např. u frézování drážek, ozubení.

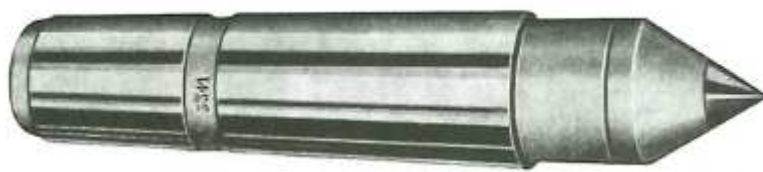
Upínací hroty mají různé provedení a jsou normalizované. Jsou vkládány do vřeten nebo pinol koníků, která má metrický kužel nebo kužel Morse.

a) Pevné upínací hroty

Poskytují nejpřesnější uložení. Úhel hrotu je nejčastěji 60° . Kvůli značnému pevnostnímu a teplotnímu namáhání a opotřebení na otěr jsou pevné upínací hroty vyráběny z legovaných nebo nástrojových ocelí, mají velkou pevnost a povrchovou tvrdost. Pro vysoké otáčky, kde je zapotřebí zvýšená odolnost hrotu proti otěru, je vyrobená funkční část hrotu ze slinutých karbidů.



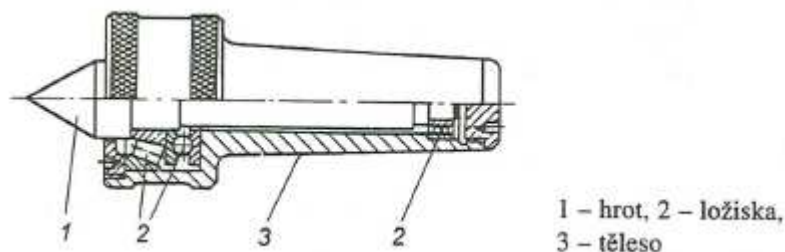
Obr. 3.9 Pevný upínací hrot



Obr. 3.10 Pevný upínací hrot s vložkou ze slinutého karbidu

b) Otočné upínací hroty

Používají se pro soustružení vysokými otáčkami. Jejich přesnost je ale menší než u hrotů pevných. Pro snadné upínání obrobků s dutinami velkých rozměrů se používají hroty otočné, které mají kuželovou upínací vložku.



Obr. 3.11 Otočný upínací hrot

c) Hroty s čelním unášečem

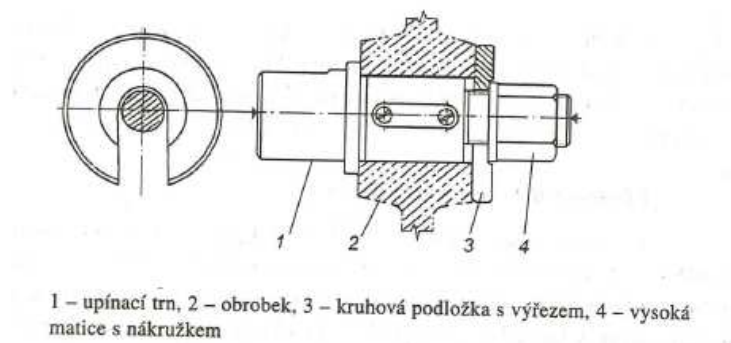
Vkládají se do pracovního vřetene soustruhu nebo hrotové brusky. Krouticí moment je přenášen čelními břity, které jsou pod tlakem, vyvolaným silou, která působí obrobkem na vlastní hrot. Těmito hroty je možné obrábět hřídele v celé její délce.



Obr. 3.12 Upínací hrot s čelním unášečem

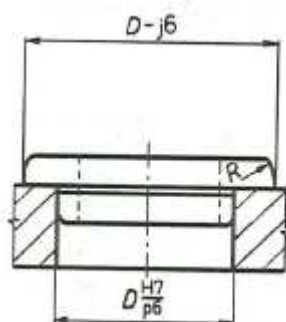
3.1.4 Válcové opěry

Válcové opěry slouží k ustavení obrobků za jednu nebo dvě vnitřní válcové plochy. Ustavovat se mohou rotační i nerotační obrobky, ve tvaru desek nebo skříní. Rotační obrobky s průchozí dírou se ustavují na trny, pomocí kterých se obrobek i obvykle upíná (obr. 3.13). Jedná se o nejčastější případy při soustružení nebo broušení.



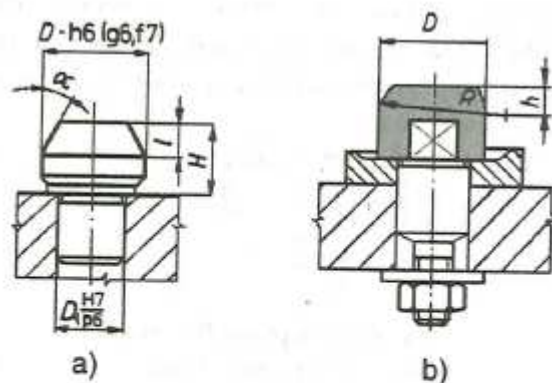
Obr. 3.13 Upínací trn s upínáním za čelo obrobku

K ustředění např. soustružnických přípravků na upínací desku soustruhů, jsou určeny středící vložky (obr. 3.14)



Obr. 3.14 Středící vložka

Válcové středící čepy a zploštělé středící čepy jsou určeny k ustavení na jednu nebo dvě přesné díry. Do tělesa přípravku jsou zalisovány za pomoci mírného tlaku (obr. 3.15a), nebo zasunuty a pojištěny maticí (obr. 3.15b) v případě, že se předpokládá častější výměna čepu kvůli opotřebení.



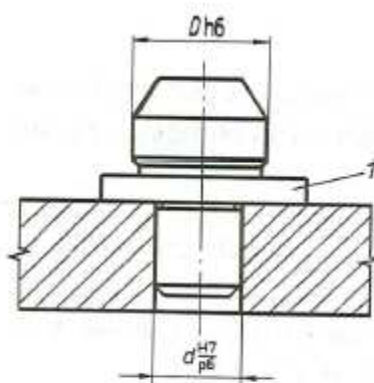
a) zalisovaný středící čep ($l = 0,15D + 1$, $\alpha = 30^\circ$),
 b) přišroubovaný středící čep
 [$R = (1 \text{ až } 1,5) D$, $h = (0,5 \text{ až } 0,8) D$]

Obr. 3.15 Upevnění středících čepů v přípravku

a) zalisovaný středící čep

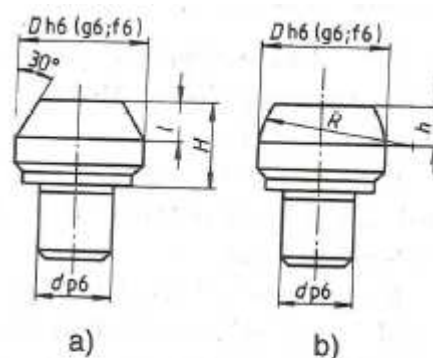
b) přišroubovaný středící čep

Obrobek dosedá buď na plochu, která je opracovaná, nebo na nákrůžek (obr. 3.16), který je vcelku s čepem. Oddělený nákrůžek (obr. 3.15b) je vhodnější, protože se čep i nákrůžek mohou vyměňovat samostatně. Kvůli snadnějšímu nasouvání obrobku se u krátkých čepů srážejí hrany pod úhlem 30° v délce l , nebo se zaoblí (obr. 3.17).



1 – nákrůžek

Obr. 3.16 Středící čep s nákrůžkem

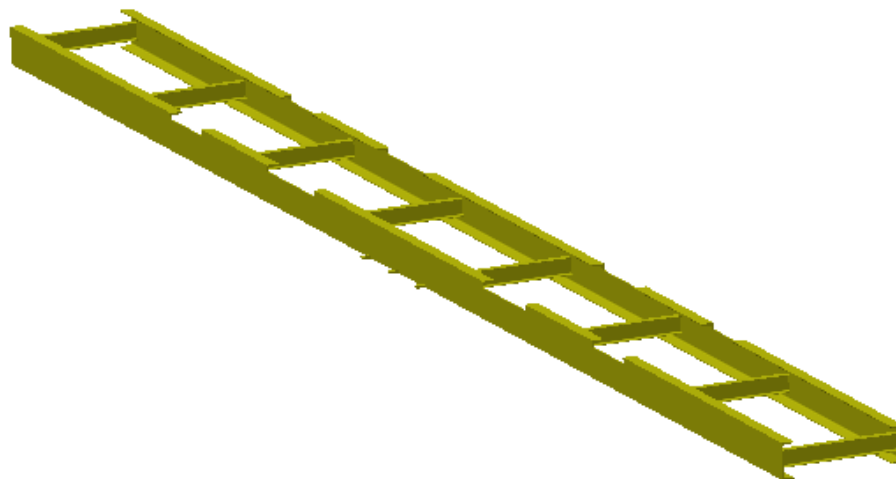


$l = 0,15D + 1$, $R = (1 \text{ až } 1,5) D$,
 $h = (0,5 \text{ až } 0,8) D$

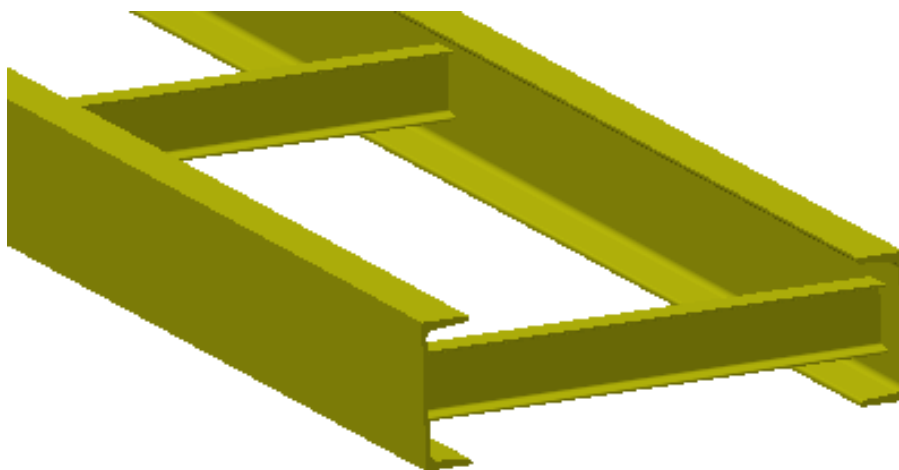
Obr. 3.17 Úprava středícího čepu pro snadné nasouvání obrobků

4. Konstrukční řešení

Jako rám přípravku jsem zvolil dva U profily, které jsou proti sobě spojeny pomocí I profilů, které mají velikost 140 mm. Velikost U profilu je 300 mm, aby byla zajištěna požadovaná vysoká tuhost. Délka rámu 14 200 mm.

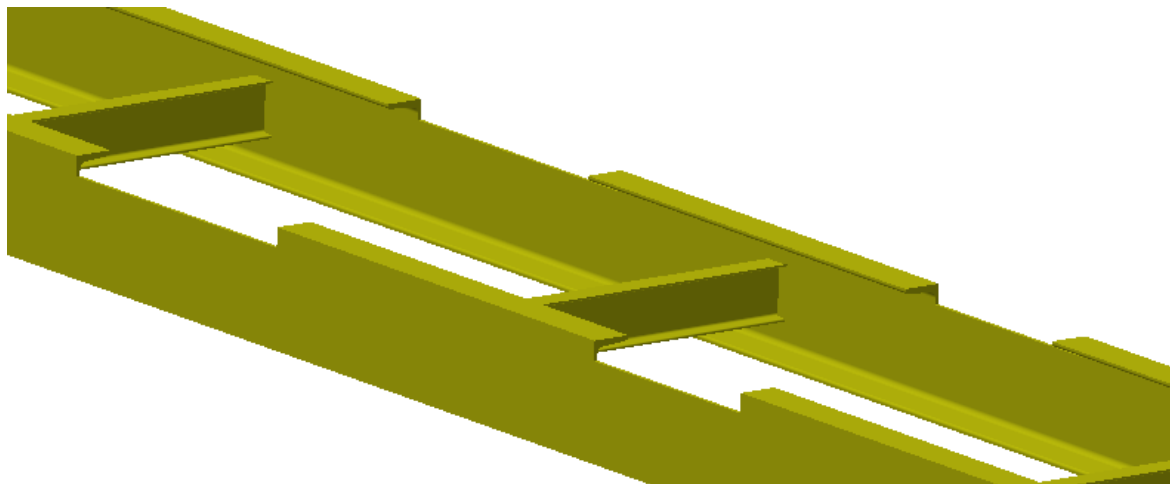


Obr. 4.1 Rám přípravku



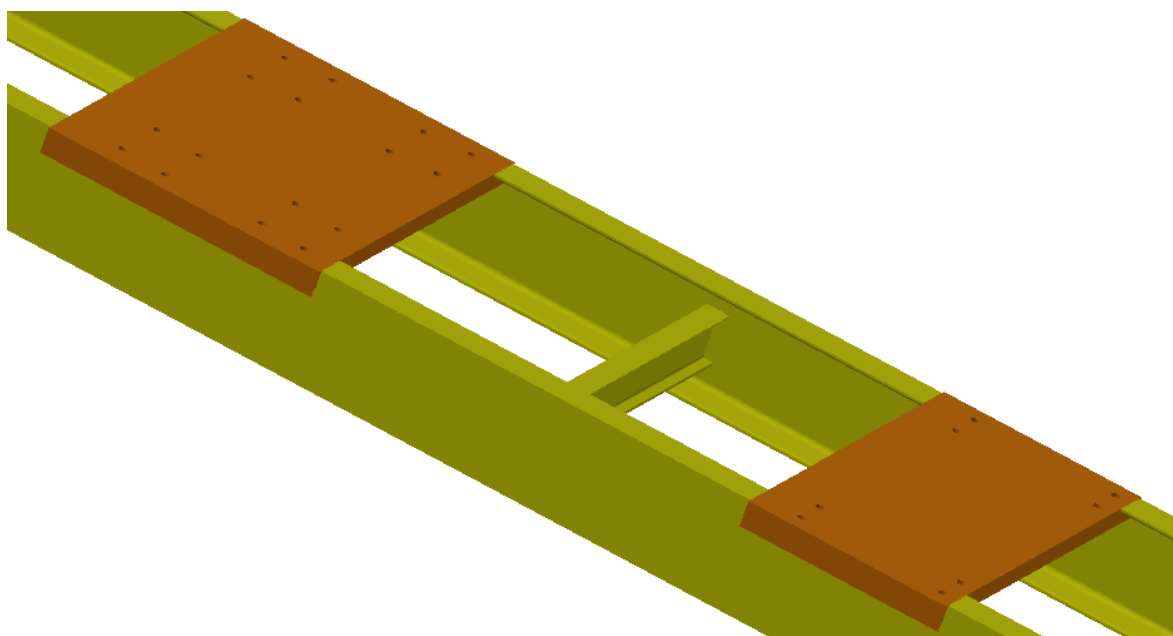
Obr. 4.2 Detail rámu přípravku

V rámu jsou udělány celkem 4 páry drážek, které budou sloužit pro uchycení desek. Drážky budou provedeny ve třech délkách. Na obrázku jsou vidět dva páry drážek. První pár je určen pro výložníky 9,7 a 10 a druhý pár slouží k uchycení desky pro výložník 14.

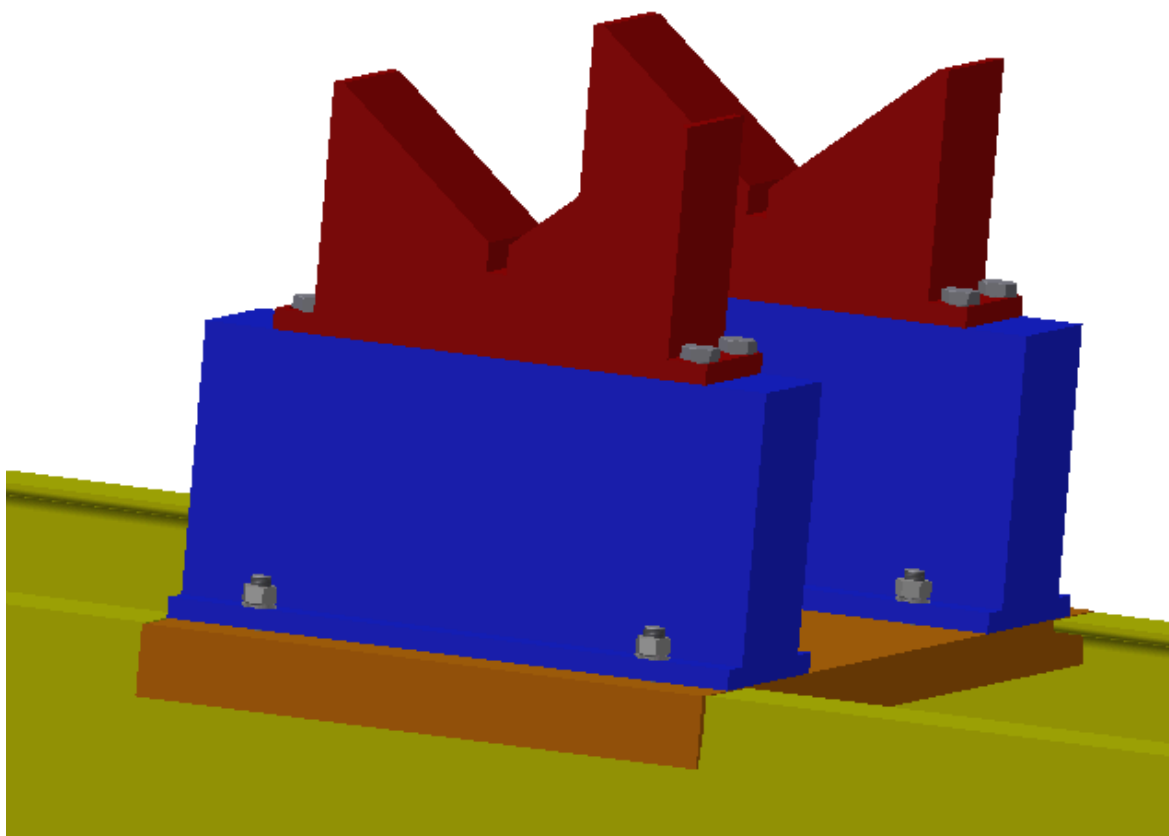


Obr. 4.3 Drážky v rámu přípravku

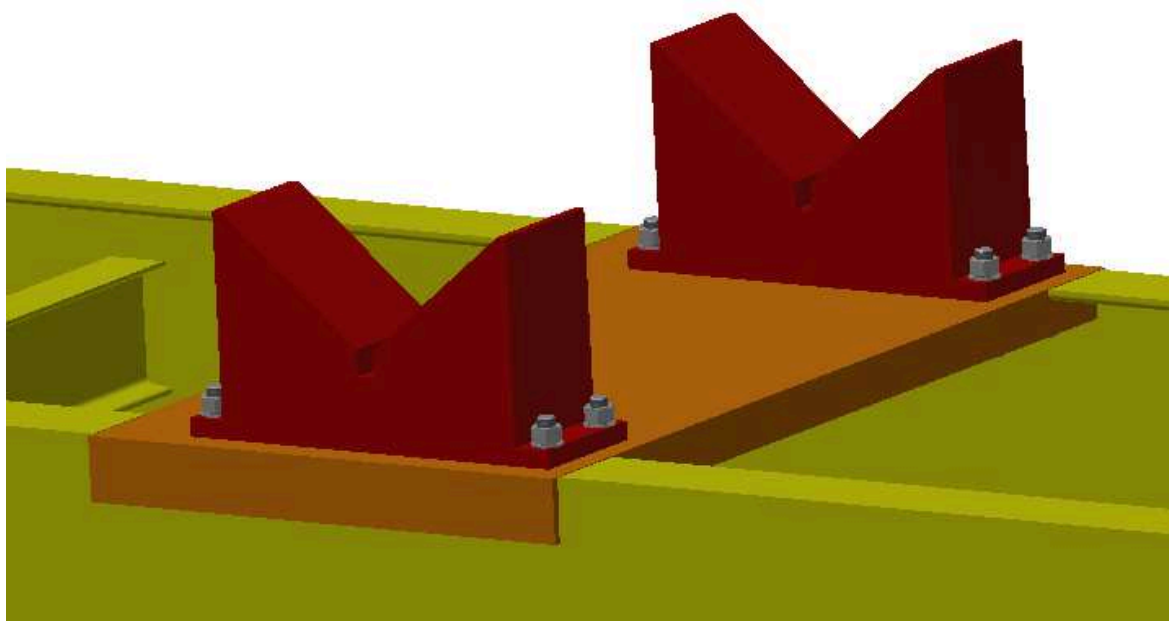
Na každou desku budou šrouby připevněny dvě podložky, na které se pomocí šroubů upevní prizmatické opěry, které jsou určeny k ustavení výložníku. Vždy jsou prizmatické opěry upevněny na podložkách, pouze při upínání výložníku 14 se jeden pár prizmatických opěr připevní přímo na desku.



Obr. 4.4 Přivařené desky do rámu přípravku

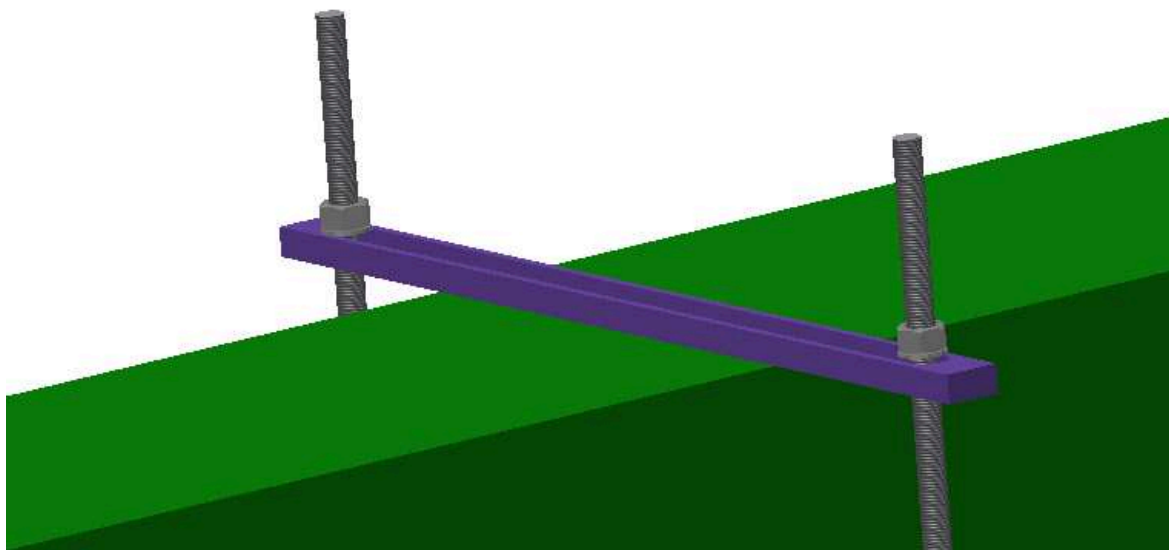


Obr. 4.5 Upevnění prizmatických opěr na podložkách

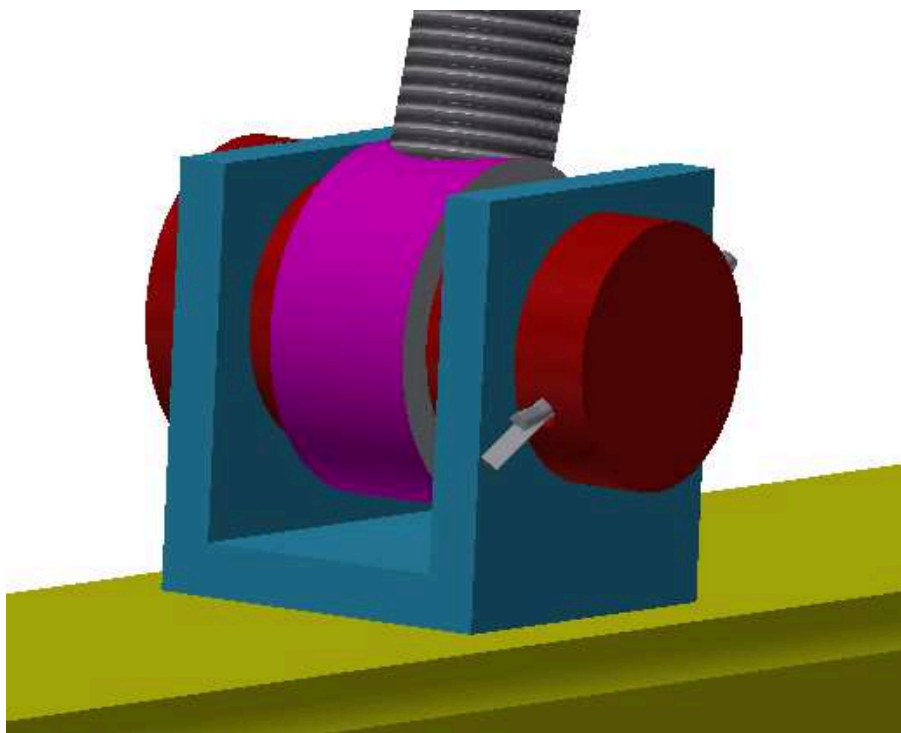


Obr. 4.6 Upevnění prizmatických opěr na desce

Aby nedošlo k nežádoucímu posunu směrem z prizmatu, je výložník zajištěn upínkou, která je nasunuta mezi dvě závitové tyče a stažena maticí. Toto uchycení je umístěno nad místem, kde se vrtá otvor. Závitové tyče jsou uchyceny čepy, díky čemuž se mohou kývat a dosáhnout požadované pozice.

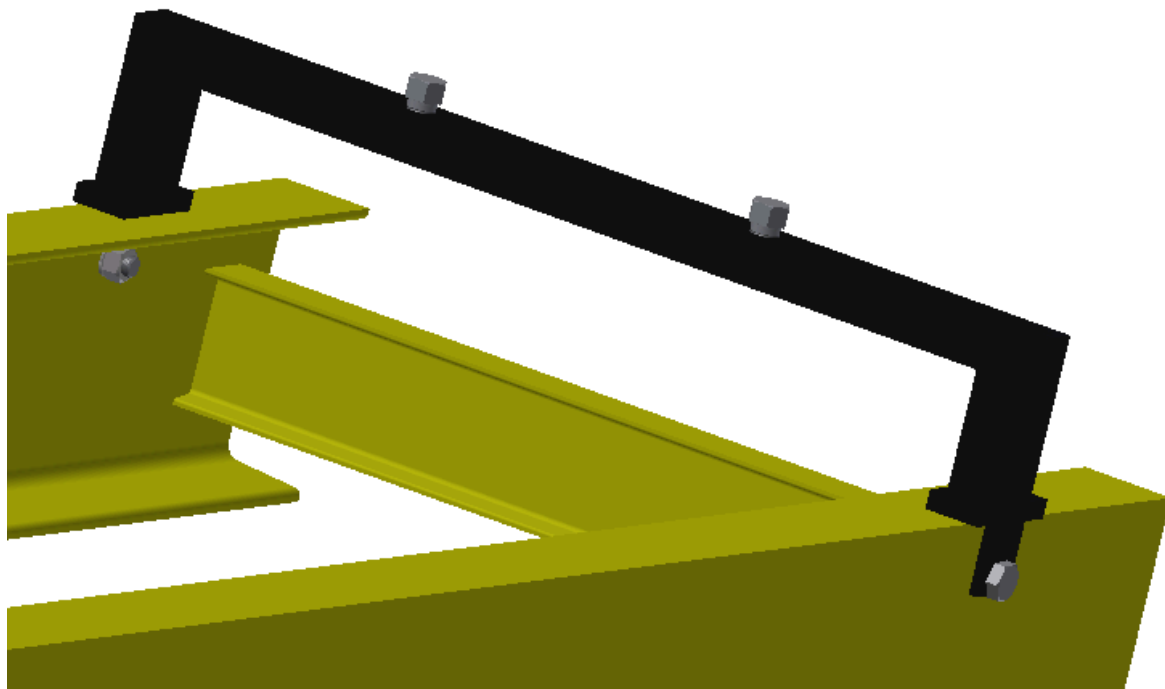


Obr. 4.7 Uchycení výložníku pomocí upínky a závitových tyčí



Obr. 4.8 Detail uchycení závitové tyče

Kvůli vrtání otvorů na koncích výložníků, je uchycení pomocí závitových tyčí a upínky umístěno na každém konci výložníků. Konce výložníku jsou podepřeny proti deformaci „mostem“ ve kterém se nachází dva stavěcí šrouby.



Obr. 4.9 „Most“

5. Metoda konečných prvků

Metoda konečných prvků (MKP) je numerická metoda sloužící k simulaci průběhů napětí, deformací a vlastních frekvencí na vytvořeném fyzikálním modelu. Jedná se o nejčastěji používanou numerickou metodu v mechanice. Tato metoda je používána především pro kontrolu už navržených zařízení, nebo pro zjištění kritického místa konstrukce. Všechny výsledky výpočtů jsou zpracovány vysoce kvalitním grafickým zobrazením. Tyto výsledky jsou zpracované v programu Autodesk Inventor 2014.

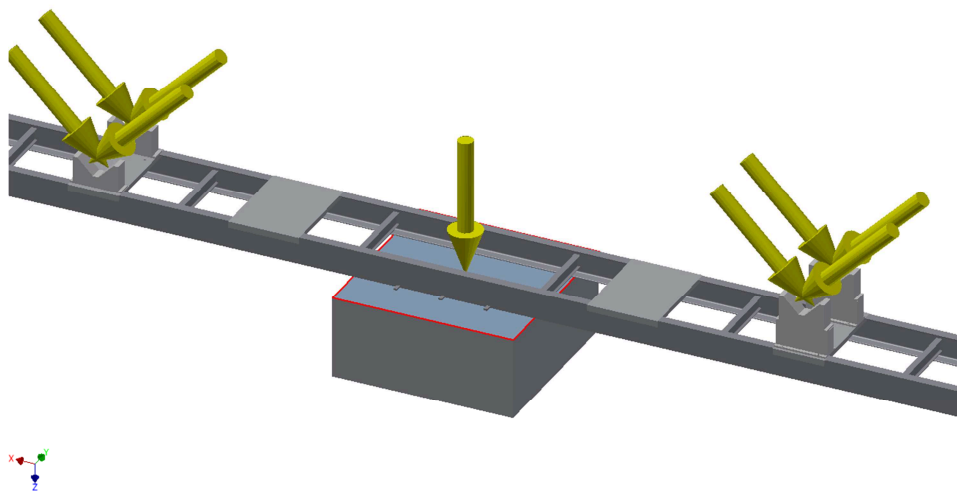
5.1 Okrajové podmínky

Materiál

Rám přípravku, který se skládá z U a I profilů je tvořen z oceli 11 375, která má dobrou svařitelnost.

Vazby

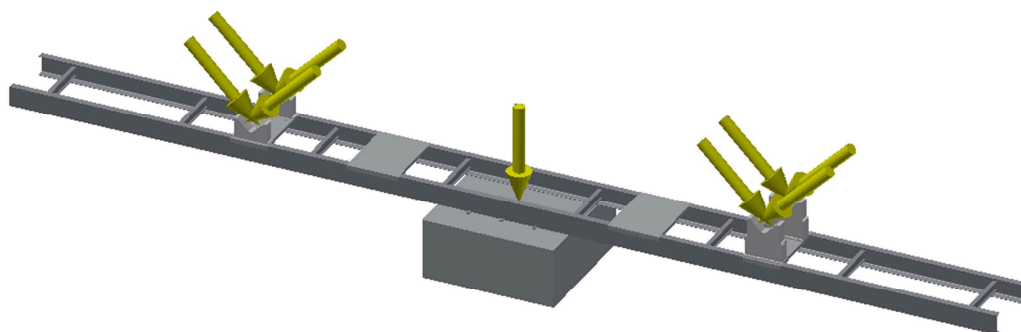
Okrajovou podmínku vazby použiji pevnou vazbu, která je umístěna na upínacím stole, na kterém je přípravek umístěn.



Obr 5.1 Zadání pevné vazby

Zatížení

Rám je zatížen gravitační silou a zatěžující silou, která je vyvozena z tíhy výložníku a rozdělena do jednotlivých prizmatických opěr.



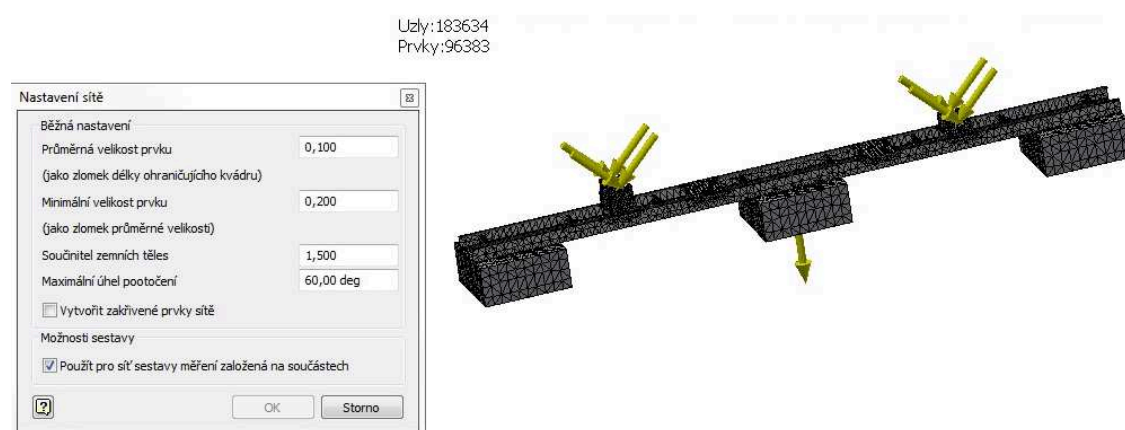
Obr. 5.2 Zadání sil

Dotyky

Dotyky jsou nastaveny jako vázané, který nejlépe vystihuje svarové spojení, nedovoluje posunutí ani oddělení.

Sít'

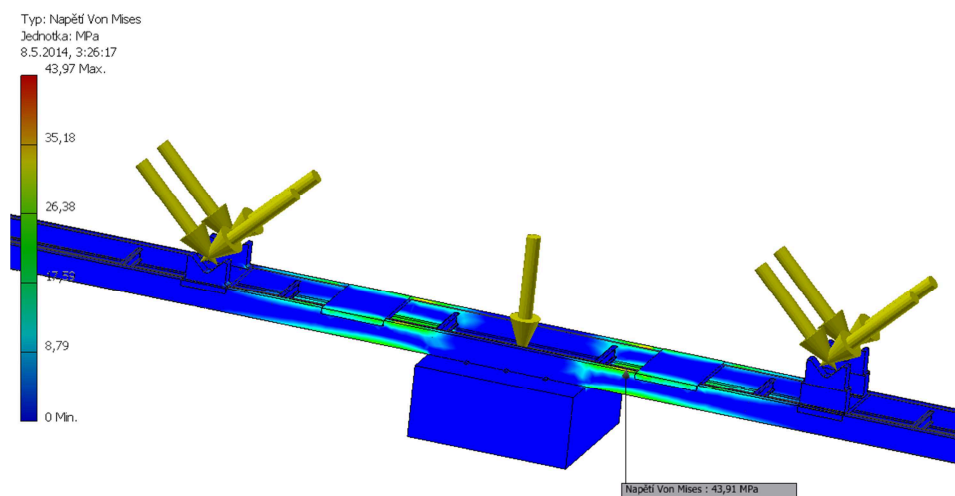
Poslední okrajová podmínka je vytvoření sítě, což je jeden ze základních předpokladů pro dosažení správných výsledků. Sít' je složena z klasických tři uzlových trojúhelníků.



Obr. 5.3 Umístění sítě

5.2 Výsledky

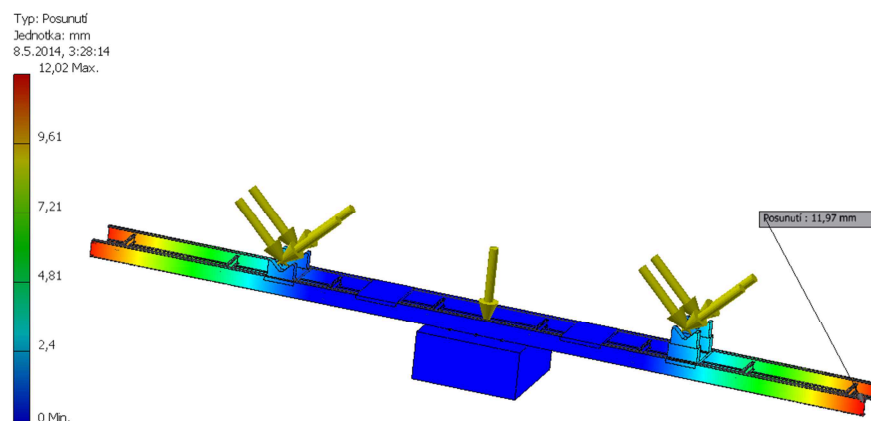
Napětí Von Mises



Obr. 5.4 Výsledné napětí Von Mises

Na obr. 5.4 je vidět působení napětí Von Mises, které vyplývá ze zatížení rámu tíhou výložníku. Napětí se začíná objevovat v místech, kde končí upínací stůl.

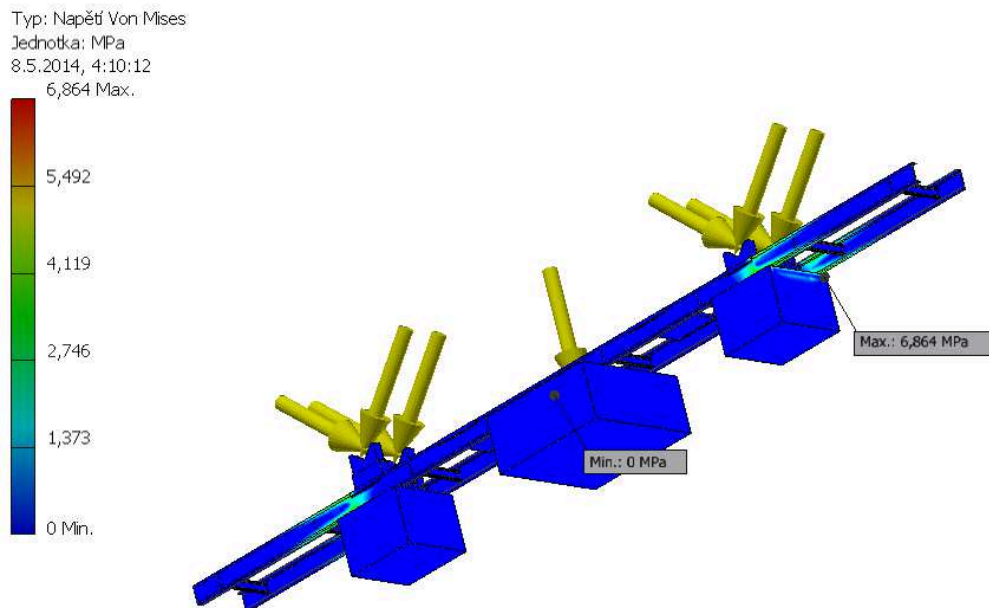
Posunutí



Obr. 5.5 Výsledné posunutí

Vlivem tíhy výložníku 14 a gravitační síly se rám značně prohne, což je vidět na obr.5.5. Kvůli velkému prohnutí rámu na jeho koncích při upnutí na stole se musí přípravek podepřít dvěma podporami.

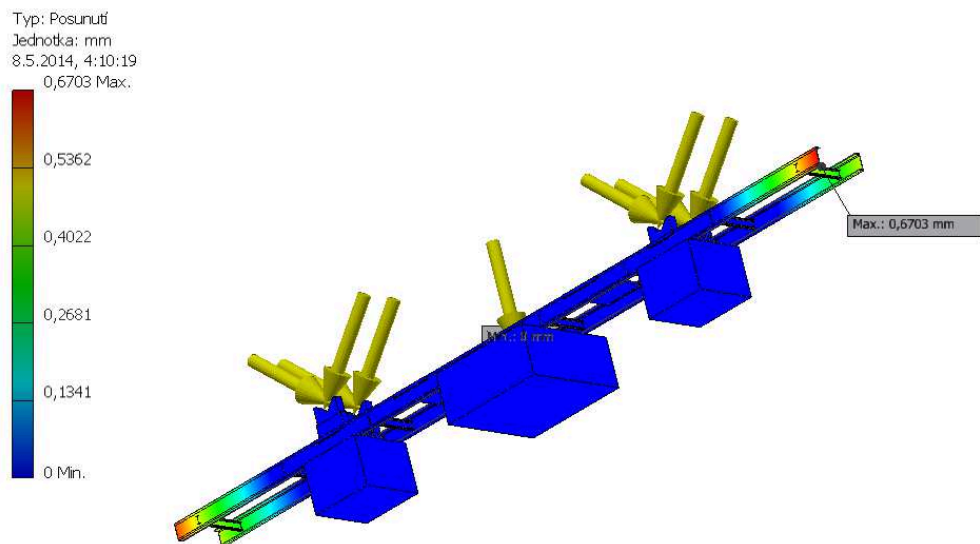
Napětí Von Mises



Obr. 5.6 Výsledné napětí Von Mises s podpěrami

Obr. 5.6 ukazuje napětí Von Mises, které vzniklo zatížením rámu, ale již s umístěnými podpěrami. Při podepření dojde k minimálnímu napětí.

Posunutí



Obr. 5.7 Výsledné posunutí s podpěrami

Při podepření rámu podpěrami se výrazně sníží prohnutí na jeho koncích z původních 12,02 mm na 0,6703 mm.

6. Závěr

Úkolem této bakalářské práce byl návrh upínacího přípravku pro 3 typy svařovaných výložníků.

V první části práce jsou popsány přípravky, jejich rozdělení a použití. Dále jsou popsány zásady při konstrukci přípravků. Konec rešerše uzavírá ustavování obrobků a opěrné a ustavovací prvky.

Druhá část práce se zabývá konstrukčním řešením samotného přípravku a popsáním jeho jednotlivých částí. Dále je provedena a rozebrána MKP analýza přípravku. V závěru je uděláno ekonomické zhodnocení, po kterém byla vypočítána cena přípravku 137 394 Kč. Stávající čas upnutí výložníků trvá 3 hodiny. Navržený přípravek zkrátí čas upnutí na 1 hodinu a 20 minut, což se rovná úspoře 1833,33 Kč/ks. Při podílu ceny přípravku a úspory se přípravek stane rentabilní po vyrobení 75 kusů. Firma vyrábí měsíčně 4 výložníky. Při takovém to množství, se přípravek stane rentabilní přibližně za 19 měsíců.

Seznam použité literatury

- [1] ŘASA, J., V. HANĚK a J. KAFKA. *Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže*. 1. vydání. Praha : Scientia, 2003. ISBN 80-7183-284-7.
- [2] CHVÁLA, B. a J. VOTAVA. *Přípravky*. 1. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1988. ISBN 04-240-88.
- [3] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje: II. díl PŘÍPRAVKY*. 1. vydání. Ostrava: VŠB, 1988.
- [4] Unex.cz. *Historie* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.unex.cz/cs/o-spolecnosti/historie/>
- [5] KARI-SITĚ-ROXORY.CZ. *U profily* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.kari-site-roxory.cz/hutni-material/eshop/5-1-U-profilu/0/5/125-U-profil-300-S235JR>
- [6] KARI-SÍTĚ-ROXORY.CZ. *I profily* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.kari-site-roxory.cz/hutni-material/eshop/4-1-I-profilu/0/5/103-I-profil-140-S235JR>
- [7] Kondor.cz: HUTNÍ MATERIÁLY. *Plochá ocel* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/plocha-ocel-70x10/d-78438/>
- [8] Kondor.cz: HUTNÍ MATERIÁLY. *Kruhová ocel* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/tazena-ocel-kruh-60mm/d-77757/>
- [9] Šrouby Soukup. *Závitové tyče* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.sroubysoukup.cz/zavitove-tyce/din-975-zavitova-tyc-2m/din-975-zavitova-tyc-2m-88-provedeni-fe-.100/>
- [10] Šrouby Soukup. *Závitové tyče* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.sroubysoukup.cz/zavitove-tyce/din-975-zavitova-tyc-1m/din-975-zavitova-tyc-1m-88-provedeni-fe-.87/>
- [11] Kondor.cz: HUTNÍ MATERIÁLY. *Ocel kruhová* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/ocel-kruhova-65mm/d-77711/>
- [12] Spojovací-materiál.net. *Podložky* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/podlozky/ploche/din125a-pod-sestihr-hlavu/ocel-140hv/pozink/podlozka-plocha-din-125a-m30-31-0-pozink-7191.html>
- [13] Spojovací-materiál.net. *Podložky* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/podlozky/ploche/din125a-pod-sestihr-hlavu/ocel-140hv/bez-povrchove-upravy/podlozka-plocha-din-125a-m20-21-0-7171.html>

- [14] Spojovací-materiál.net. *Matice* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/matice/sestihranne/presne-din-934/ocel-tridy-8/bez-povrchove-upravy/matice-din-934-m30-08-6746.html>
- [15] Spojovací-materiál.net. *Matice* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/matice/sestihranne/presne-din-934/ocel-tridy-8/bez-povrchove-upravy/matice-din-934-m20-08-13863.html>
- [16] Spojovací-materiál.net. *Šrouby* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/sestihranne-hlava/konstrukcni-din-6914/ocel-10-9/bez-povrchove-upravy/sroub-konstrukcni-din-6914-m20x100-10-9-13592.html>
- [17] Spojovací-materiál.net. *Šrouby* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/sestihranne-hlava/konstrukcni-din-6914/ocel-10-9/bez-povrchove-upravy/sroub-konstrukcni-din-6914-m20x90-10-9-13591.html>
- [18] Spojovací-materiál.net. *Šrouby* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/sestihranne-hlava/konstrukcni-din-6914/ocel-10-9/bez-povrchove-upravy/sroub-konstrukcni-din-6914-m20x55-10-9-13500.html>
- [19] BRIOL.CZ: SPOJOVACÍ MATERIÁLY. *Šrouby* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.briol.cz/sroub-m20-x-100-din-561b>
- [20] BRIOL.CZ: SPOJOVACÍ MATERIÁLY. *Šrouby* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.briol.cz/sroub-m20-x-80-din-561b>
- [21] BRIOL.CZ: SPOJOVACÍ MATERIÁLY. *Šrouby* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.briol.cz/sroub-m20-x-70-din-561b>
- [22] BRIOL.CZ: SPOJOVACÍ MATERIÁLY. *Šrouby* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.briol.cz/sroub-m20-x-60-din-561b>
- [23] Spojovací-materiál.net. *Závlačky* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/koliky-cepy-zavlacky-pera/zavlacky/din-94-standartni/ocel/pozik/zavlacka-din-94-5x63-pozink-9700.html>
- [24] Kondor.cz: HUTNÍ MATERIÁLY. *Plochá ocel* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/plocha-ocel-70x10/d-78438/>
- [25] Kondor.cz: HUTNÍ MATERIÁLY. *Plochá ocel* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/plocha-ocel-60x20/d-78603/>
- [26] Dama: centrumkovovyroby.cz. *Jekly* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://hutni.idama.cz/jekl-70-x-70-x-3-111/>
- [27] Spojovací-materiál.net. *Šrouby* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/valcova-a-zaoblana-hlava/valcova-drazka-din-84/nerezova-ocel/a2/sroub-valcova-hlava-drazka-din-84-m10x25-nerez-a2-15852.htm>

Seznam příloh

Příloha A	-	Ekonomické zhodnocení
Příloha B	-	Výkres sestavení přípravku 14
Příloha C	-	Výkres sestavení přípravku 10
Příloha D	-	Výkres sestavení přípravku 9,7
Příloha E	-	Výkres prizmatické opěrky

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Oldřichu Učňovi, Ph.D. a panu Petru Plškovi za odborné rady a připomínky při vypracovávání bakalářské práce. Dále děkuji své rodině za podporu během tvorby bakalářské práce.

A. Ekonomické zhodnocení navrženého přípravku

Přípravek pro obrábění výložníků bude hospodárný pouze v případě jeho rentabilnosti, tzn. náklady na přípravek jsou pokryty úsporami při jeho používání. Ceny jednotlivých součástí přípravku a výrobní náklady jsou vypočteny v bodech a) a b). Při výpočtu jednotlivé ceny součásti přípravku vycházím z hmotnosti, kterou získám ze sestavy v programu Autodesk Inventor 2014 a cenového tarifu firmy UNEX, popřípadě jiného prodejce. Uvedené ceny jsou ceny pro běžného koncového odběratele, bez žádných slev (ať už množstevních nebo zákaznických). Jedná se o ceny, které jsou aktuální k datu stvoření tohoto dokumentu (tj. 05/2014), proto je nutné brát tyto ceny pouze jako orientační.

a) Materiálové náklady

1. U profil 300 2xL = 14 200 mm[5]

$$C_{S1} = 15\,089,23 \text{ Kč} \doteq \underline{15\,089 \text{ Kč}} \quad (1)$$

2. I profil 140 L = 8120 mm[6]

$$C_{S2} = 2458,27 \text{ Kč} \doteq \underline{2458 \text{ Kč}} \quad (2)$$

3. deska 1

$$n = 2 \text{ ks}$$

$$m = 237,5 \text{ kg}$$

$$C = 22,56 \text{ Kč/kg}$$

$$C_{ks} = m \cdot C = 238 \cdot 22,56 = 5369,28 \text{ Kč} \quad (4)$$

$$C_{S3} = C_{ks} \cdot n = 5369,28 \cdot 2 = 10\,738,56 \text{ Kč} \doteq \underline{10\,739 \text{ Kč}} \quad (5)$$

4. deska 2

$$m = 325 \text{ kg}$$

$$C = 22,56 \text{ Kč/kg}$$

$$C_{S4} = m \cdot C = 325 \cdot 22,56 = \underline{7332 \text{ Kč}} \quad (6)$$

5. deska 3

$$m = 357 \text{ kg}$$

$$C = 22,56 \text{ Kč/kg}$$

$$C_{S5} = m \cdot C = 357 \cdot 22,56 = 8053,92 \div 8054 \text{ Kč} \quad (7)$$

6. podložka

$$n = 4 \text{ ks}$$

$$m = 195,5 \text{ kg}$$

$$C = 42,01 \text{ Kč/kg}$$

$$C_{S6} = m \cdot C = 196 \cdot 42,01 = 8233,96 \cdot 4 = 32\,935,84 \text{ Kč} \div \underline{\underline{32\,936 \text{ Kč}}}$$

(8)

7. prizma

$$n = 4 \text{ ks}$$

$$m = 98,7 \text{ kg}$$

$$C = 34,72 \text{ Kč/kg}$$

$$C_{S7} = m \cdot C = 99 \cdot 34,72 = 3437,28 \cdot 4 = 13\,749,12 \text{ Kč} \div \underline{\underline{13\,749 \text{ Kč}}}$$

(9)

8. plech pro účko[7]

$$n = 24 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 8,79 \text{ Kč}$$

$$C_{S8} = C_{ks} \cdot n = 8,79 \cdot 24 = 210,96 \div \underline{\underline{211 \text{ Kč}}} \quad (10)$$

9. upínka

$$n = 4 \text{ ks}$$

$$m = 6,2 \text{ kg}$$

$$C = 50 \text{ Kč/kg}$$

$$C_{ks} = m \cdot C = 6,2 \cdot 50 = 310 \text{ Kč} \quad (11)$$

$$C_{S9} = C_{ks} \cdot n = 310 \cdot 4 = \underline{1240 \text{ Kč}} \quad (12)$$

10. čep[8]

$$n = 8 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 54,03 \text{ Kč}$$

$$C_{S10} = n \cdot C_{ks} = 8 \cdot 54,03 = 432,24 \text{ Kč} \doteq \underline{432 \text{ Kč}} \quad (13)$$

11. závitová tyč 1[9]

$$l = 1,7 \text{ m}$$

$$n = 6 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 770,89 \text{ Kč}$$

$$C_{S11} = n \cdot C_{ks} = 6 \cdot 770,89 = 4625,34 \text{ Kč} \doteq \underline{4625 \text{ Kč}} \quad (14)$$

12. závitová tyč 2[10]

$$l = 1,1 \text{ m}$$

$$n = 4 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 319,44 \text{ Kč}$$

$$C_{S12} = n \cdot C_{ks} = 4 \cdot 319,44 = 1277,76 \text{ Kč} \doteq \underline{1278 \text{ Kč}} \quad (15)$$

13. pouzdro[11]

$$n = 8 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 21,24 \text{ Kč}$$

$$C_{S13} = n \cdot C_{ks} = 8 \cdot 21,24 = 169,92 \text{ Kč} \doteq \underline{170 \text{ Kč}} \quad (16)$$

14. podložka 30[12]

$$n = 8 \text{ ks}$$

$$C_s = 3,99 \text{ Kč}$$

$$C_{S14} = n \cdot C_{ks} = 8 \cdot 3,99 = 31,92 \text{ Kč} \doteq \underline{\underline{32 \text{ Kč}}} \quad (17)$$

15. podložka 20[13]

$$n = 20 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 1,10 \text{ Kč}$$

$$C_{S15} = n \cdot C_{ks} = 20 \cdot 1,10 = \underline{\underline{22 \text{ Kč}}} \quad (18)$$

16. matice M30[14]

$$n = 8 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 14,07 \text{ Kč}$$

$$C_{S16} = n \cdot C_{ks} = 8 \cdot 14,07 = 112,56 \text{ Kč} \doteq \underline{\underline{113 \text{ Kč}}} \quad (19)$$

17. matice M20[15]

$$n = 20 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 3,13 \text{ Kč}$$

$$C_{S17} = n \cdot C_{ks} = 20 \cdot 3,13 = 62,6 \doteq \underline{\underline{63 \text{ Kč}}} \quad (20)$$

18. závlačka 5x63[23]

$$n = 8 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 1,34 \text{ Kč}$$

$$C_{S18} = n \cdot C_{ks} = 8 \cdot 1,34 = 10,72 \doteq \underline{\underline{11 \text{ Kč}}} \quad (21)$$

19. Šroub M20x100[16]

$$n = 16 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 43,84 \text{ Kč}$$

$$C_{S19} = n \cdot C_{ks} = 16 \cdot 43,84 = 701,44 \text{ Kč} \doteq \underline{\underline{701 \text{ Kč}}} \quad (22)$$

20. Šroub M20x90[17]

$$n = 16 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 37,2 \text{ Kč}$$

$$C_{S20} = n \cdot C_{ks} = 16 \cdot 37,2 = 595,2 \text{ Kč} \doteq \underline{\underline{595 \text{ Kč}}} \quad (23)$$

21. Šroub M20x55[18]

$$n = 4 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 26,46 \text{ Kč}$$

$$C_{S21} = n \cdot C_{ks} = 4 \cdot 26,46 = 105,84 \doteq \underline{\underline{106 \text{ Kč}}} \quad (24)$$

22. Stavěcí šroub M20x100[19]

$$n = 2 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 91,34 \text{ Kč}$$

$$C_{S22} = n \cdot C_{ks} = 2 \cdot 91,34 = 182,68 \text{ Kč} \doteq 183 \text{ Kč} \quad (25)$$

23. Stavěcí šroub M20x80[20]

$$n = 2 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 98,46 \text{ Kč}$$

$$C_{S23} = n \cdot C_{ks} = 2 \cdot 98,46 = 196,92 \doteq \underline{\underline{197 \text{ Kč}}} \quad (26)$$

24. Stavěcí šroub M20x70[21]

$$n = 2 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 268,51 \text{ Kč}$$

$$C_{S24} = n \cdot C_{ks} = 2 \cdot 268,51 = 537,02 \doteq \underline{\underline{537 \text{ Kč}}} \quad (27)$$

25. Stavěcí šroub M20x60[22]

$$n = 2 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 65,17 \text{ Kč}$$

$$C_{S25} = n \cdot C_{ks} = 2 \cdot 65,17 = 130,34 \doteq \underline{\underline{130 \text{ Kč}}} \quad (28)$$

26. Šroub M10x22[27]

$$n = 8 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 13,07 \text{ Kč}$$

$$C_{S26} = n \cdot C_{ks} = 8 \cdot 13,07 = 104,56 \doteq \underline{\underline{105 \text{ Kč}}} \quad (29)$$

27. Most pro přípravek 14[24,25,26]

$$n = 2 \text{ ks}$$

$$C_{ks} = 1416,274 \text{ Kč}$$

Cena kusu je složena z tyče 70x70x1055(tato cena je pouze orientační); 2x jechl 70x70x100 a ploché ocele 70x10x94 a 70x20x130

$$C_{S27} = n \cdot C_{ks} = 2 \cdot 1416,274 = 2832,5 \doteq \underline{\underline{2833 \text{ Kč}}} \quad (30)$$

28. Most 1 pro přípravek 10[24,25,26]

$$C_{S28} = 1549,49 \text{ Kč} \doteq \underline{\underline{1550 \text{ Kč}}}$$

Cena součásti je složena z tyče 70x70x1055; 2x jechl 70x70x610 a ploché ocele 70x10x94 a 70x20x130

29. Most 2 pro přípravek 10[24,25,26]

$$C_{S29} = 1625,27 \text{ Kč} \doteq \underline{\underline{1625 \text{ Kč}}}$$

Cena součásti je složena z tyče 70x70x1055; 2x jechl 70x70x900 a ploché ocele 70x10x94 a 70x20x130

30. Most 1 pro přípravek 9,7[24,25,26]

$$C_{S30} = 1533,83 \text{ Kč} \doteq \underline{\underline{1534 \text{ Kč}}}$$

Cena součásti je složena z tyče 70x70x1055; 2x jechl 70x70x550 a ploché ocele 70x10x94 a 70x20x130

31. Most 2 pro přípravek 9,7[24,25,26]

$$C_{S31} = 1468,52 \text{ Kč} \doteq \underline{1469 \text{ Kč}}$$

Cena součásti je složena z tyče 70x70x1055; 2x jelek 70x70x300 a ploché ocele 70x10x94 a 70x20x130

Celková cena materiálu

$$\begin{aligned} C_{CM} = & C_{S1} + C_{S2} + C_{S3} + C_{S4} + C_{S5} + C_{S6} + C_{S7} + C_{S8} + C_{S9} + C_{S10} + \\ & C_{S11} + C_{S12} + C_{S13} + C_{S14} + C_{S15} + C_{S16} + C_{S17} + C_{S18} + C_{S19} + \\ & C_{S20} + C_{S21} + C_{S22} + C_{S23} + C_{S24} + C_{S25} + C_{S26} + C_{S27} + C_{S28} + \\ & C_{S29} + C_{S30} + C_{S31} \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} C_{CM} = & 15089 + 2458 + 10739 + 7332 + 8054 + 32936 + 13749 + 211 + \\ & 1240 + 432 + 4625 + 1278 + 170 + 32 + 22 + 113 + 63 + 11 + \\ & 701 + 595 + 106 + 183 + 197 + 537 + 130 + 105 + 2833 + 1550 + \\ & 1625 + 1534 + 1469 \end{aligned}$$

$$C_{CM} = \underline{110\,119 \text{ Kč}}$$

b) Výrobní náklady

Ceny pro jednotlivé operace jsou podle cenového tarifu firmy UNEX.

1. obrábění rámu – frézování drážek

$$t = 7 \text{ h } 30 \text{ min}$$

$$H_S = 850 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V1} = t \cdot H_S = 7,5 \cdot 850 = \underline{6375 \text{ Kč}} \quad (32)$$

2. deska 1 – frézování drážky

$$t = 1 \text{ h}$$

$$n = 2 \text{ ks}$$

$$H_S = 450 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V2} = t \cdot H_S \cdot n = 1 \cdot 450 \cdot 2 = \underline{900 \text{ Kč}} \quad (33)$$

3. deska 2 – frézování drážky

$$t = 1 \text{ h } 20 \text{ min}$$

$$H_S = 450 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V3} = t \cdot H_S \cdot n = 1,33 \cdot 450 = \underline{600 \text{ Kč}} \quad (34)$$

4. deska 3 – frézování drážky

$$t = 1 \text{ h } 30 \text{ min}$$

$$H_S = 450 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V4} = t \cdot H_S = 1,5 \cdot 450 = \underline{675 \text{ Kč}} \quad (35)$$

5. podložka – frézování

$$t = 2 \text{ h } 30 \text{ min}$$

$$n = 4 \text{ ks}$$

$$H_S = 550 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V5} = t \cdot H_S \cdot n = 2,5 \cdot 550 \cdot 4 = \underline{5500 \text{ Kč}} \quad (36)$$

6. prizma – frézování

$$t = 3 \text{ h}$$

$$n = 4 \text{ ks}$$

$$H_S = 550 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V6} = t \cdot H_S \cdot n = 3 \cdot 550 \cdot 4 = \underline{6600 \text{ Kč}} \quad (37)$$

7. čep – soustružení

$$t = 15 \text{ min}$$

$$n = 8 \text{ ks}$$

$$H_S = 330 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V1} = t \cdot H_S \cdot n = 0,25 \cdot 330 \cdot 8 = \underline{660 \text{ Kč}} \quad (38)$$

8. pouzdro – vrtání

$$t = 15 \text{ minut}$$

$$n = 8 \text{ ks}$$

$$H_S = 330 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V8} = t \cdot H_S \cdot n = 0,25 \cdot 330 \cdot 8 = \underline{660 \text{ Kč}} \quad (39)$$

9. svařování mostů

$$t = 1,5 \text{ h}$$

$$H_S = 450 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V9} = t \cdot H_S = 1,5 \cdot 450 = \underline{675 \text{ Kč}} \quad (40)$$

10. svařování rámu

$$t = 2 \text{ h}$$

$$H_S = 450 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V10} = t \cdot H_S = 2 \cdot 450 = \underline{900 \text{ Kč}} \quad (41)$$

11. kompletace (zámečnick + rovnání + dokončovací operace)

$$t = 11 \text{ h}$$

$$H_S = 350 \text{ Kč/hod}$$

$$C_{V11} = t \cdot H_S = 11 \cdot 350 = \underline{3850 \text{ Kč}} \quad (42)$$

Celková cena výrobních nákladů

$$C_{CV} = C_{V1} + C_{V2} + C_{V3} + C_{V4} + C_{V5} + C_{V6} + C_{V7} + C_{V8} + C_{V9} + C_{V10}$$

$$C_{CV} = 6375 + 900 + 600 + 675 + 5500 + 6600 + 660 + 660 + 675 + 900 + 3850 \quad (43)$$

$$C_{CV} = \underline{27\,275 \text{ Kč}}$$

Cena přípravku

$$C_P = C_{CM} + C_{CV} = 110119 + 27275 = \underline{137\,394 \text{ Kč}} \quad (44)$$

c) Rentabilita přípravku

K výpočtu rentability přípravku mohou být použity dvě varianty výpočtu podle požadovaného kritéria :

1. Kusová návratnost

2. Časová návratnost

Kusová návratnost

Kusová návratnost je vypočtena z podílu, kde v čitateli je rozdíl času stávajícího upnutí a upnutí nového. Ve jmenovateli je součin rozdílu časů upnutí a hodinové sazby stroje.

$$H_S = 1100 \text{ Kč/hod}$$

Čas upnutí :

a) stávající $t_{us} = 3 \text{ hod}$

b) nový $t_{un} = 1 \text{ hod } 20 \text{ min}$

c) rozdíl $t_{ur} = 1 \text{ hod } 40 \text{ min}$

$$U = t_{ur} \cdot H_S = 1833,33 \text{ Kč/ks} \quad (45)$$

$$R_K = \frac{CP}{U} = \frac{137394}{1833,33} = 74,94 \doteq 75 \text{ ks} \quad (46)$$

Časová návratnost

Počet kusů vyrobených měsíčně :

výložník 9,7 $n = 2$

výložník 10 $n = 1$

výložník 14 $n = 1$

$$N_M = 2+1+1 = 4 \text{ ks/měsíc} \quad (47)$$

$$R_{\check{C}} = \frac{R_K}{N_M} = \frac{75}{4} = 18,75 \text{ měsíce} \quad (48)$$